干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

吐鲁番迁站前后气温和风速差值精细化分析

胡义成[1,2]， 宁金鸽[1]， 刘卫平[1]， 王秋香[1]， 刘 叶[3]， 钟海英[4]
（1. 新疆气象信息中心，新疆 乌鲁木齐 830002；2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所，新疆 乌鲁木齐 830002；3. 新疆气象局，新疆 乌鲁木齐 830002；4. 吐鲁番气象局，新疆 吐鲁番 838007）

摘 要：选取吐鲁番新旧站2017年逐小时气温、风速对比观测资料计算小时差值并进行分级；同时选择1988—2018年逐月平均气温、风速做t检验。结果表明：(1) 吐鲁番新旧站气温和风速差值均为偏态分布，多数为正且差值分布较分散，仅40.7%的气温差值在−1 ℃<ΔT<1 ℃之间，32.1%的气温差值在±2 ℃之外；46%的风速差值在−1 m·s^{-1}<ΔS<1 m·s^{-1}之间，21.4%的风速差值在±2 m·s^{-1}之外。(2) 气温负差值多发生在白天11:00—18:00，冷季10月—次年5月负差值略大，平均负差值最低可达−1.5 ℃。气温正差值多发生在18:00—次日11:00之间，差值较大值（ΔT≥2 ℃）主要发生在暖季4—11月，逐时平均气温差值最高可达5 ℃；正是因为暖季夜晚新旧站气温差值较大，造成2016年吐鲁番迁站时春、夏、秋季3—11月月平均气温出现断点（通过P<0.01的显著性t检验）。(3) 与同处干旱区的阿克苏站比较发现，下垫面及其观测环境对气温的影响是导致这种结果的根本原因。风速正差值ΔS≥1 m·s^{-1}多发生在暖季3—9月；风速差值较小值（−1 m·s^{-1}<ΔS<1 m·s^{-1}）在冷季（10—12月和1—3月）比例较多。t检验显示（P<0.01），2016年迁站各月平均风速均出现了断点。

关 键 词：气温；风速；差值；对比分析；吐鲁番
文章编号：

气候变化研究需要长序列、高质量的气候资料，百年气温序列均是以均一的长序列气温观测资料为基础[1-2]。然而，观测资料的准确性很容易受到环境的影响，观测环境变化往往使资料产生断点而影响连续使用[3-8]。尤其是近几十年，城市化进程使台站的观测环境发生了很大的变化，从而使资料产生非均一性[9-14]。温康民等[14]研究发现，城市化偏差是中国地面气温观测记录中最大的系统性偏差，为消除城市化偏差对资料的影响，对685个国家基本/基准站1961—2015年地面年及月平均气温序列中的城市化偏差进行了订正。很多台站为了避免城市化的影响也进行了搬迁。然而，台站搬迁又带来了由于观测环境不同，新旧站资料能否连续使用的问题。一方面，台站搬迁的距离和海拔高差会使新旧站资料产生差异；另一方面，旧站在城市中而新站在郊外，观测环境不同也会使新旧站资料产生差异。为此，学者们对新旧站对比观测资料的差异进行了分析，结果是部分台站资料差异较大不能连续使用[15-22]。林娜等[17]研究发现，气象要素产生差异的原因主要是由新旧站址的观测环境、海拔高度、下垫面差异以及城市热岛效应造成，城市热岛效应是新旧站气象要素产生差异的原因之一。虽然，周建平等[4-8]采用t检验方法和标准正态检验法，对非均一的温度序列进行订正。但对于气候变化研究所需要的长序列、高质量的气候资料来说，这些工作远远不够。台站搬迁前后下垫面差异较大，对于资料的影响是多方面的，李又君等[19]研究发现城市热岛效应在不同时段对新旧站资料的影响是不同的，热岛效应（即新旧站气温差值）存在夜间大于白天的现象；另外，新旧站气温差值一年四季也

收稿日期：2020-04-08； **修订日期：**2020-11-13
基金项目：第二次青藏高原综合科学考察研究项目（2019QZKK0102）；中亚大气科学研究基金项目（CAAS201808）资助
作者简介：胡义成（1984-），男，副研级高级工程师，主要从事高空和地面气象资料质量控制、气象数据服务以及气候变化研究. E-mail: hyc6013wayne@sina.com
通讯作者：王秋香（1961-），女，正研级高级工程师，主要从事气候数据分析、气候变化、气象灾害等方面的研究. E-mail: wqx188@126.com

不同，冬春秋季较大、夏季较小，这也决定了迁站后月平均气温是否会产生断点。以往的成果多是针对新旧站年、季、月差值的平均值所做的分析和研究，平均值的研究往往把1 d中新旧站资料各时段的差异部分平滑掉了，忽略了差值的分布状况，不能精确地反映资料差异的日变化。而逐小时观测资料差值日分布的研究能够精准地反映出新旧站资料差值在白天和夜间的差异及其对资料连续性产生的影响，是检测和建立连续的长序列气候资料的重要基础。由于气温和风速极易受到观测环境的影响,而成为迁站过程中首要考虑分析的要素，本文选取2017年吐鲁番新旧站小时气温和风速对比观测资料，计算小时资料的差值并进行分级，分析新旧站观测资料日分布差异。为获得更精准均一的长序列气候资料奠定基础。

1 资料与方法

1.1 台站观测环境基本情况

吐鲁番气象站旧站位于吐鲁番市城区，观测场四周围绕着各种建筑物且距离观测场10多米的围墙外即是公园，尤其是东南面、南面和西南面的楼群最近处距离观测场只有30多米，影响气温等要素的观测，在10:00前和19:00后，观测场均见不到直射的阳光（图1a）。新站位于四周无任何遮挡的戈壁，与旧站直线距离4.364 km（海拔高差1.5 m）。由于下垫面为粗砂土、没有树木和植被，新旧站的环境差别较大（图1b）。

1.2 资料选取及方法设计

选取吐鲁番新旧站2017年逐小时气温、风速对比观测资料，资料来源于新疆气象信息中心，经过严格的质量控制。分别计算逐小时气温、风速的差值（差值=新站值-旧站值），分析差值分布状况，以研究差值在白天和夜间的差异及分布规律。将气温差值按照1 ℃为1个级差（气温差值在7 ℃之后数量很少适当合并）、风速差值按照1 $m\cdot s^{-1}$为1个级差进行分级（风速差值在5 $m\cdot s^{-1}$之后数量很少适当合并），以个数/总数计算各级气温、风速差值的比例，分析各月和各时每个级别差值数量的分布比例。为了进一步认清新旧站气温、风速差值数额大小，计算了各月中每日各时气温和风速的差值平均值（以下简称：逐时差值平均值），研究各月气温和风速平均差值数额的日分布状况。在此基础上，以2016年1月1日新站正式工作为界，选择1988—2015年28 a旧站月平均气温、风速资料，与2016—2018年3 a新站月平均气温、风速资料进行t检验，分析各月资料的连续性。

2 结果与分析

2.1 气温差值

2.1.1 量级分布 吐鲁番新旧站逐时气温差值分布见图2a和表1。气温差值为偏态分布，多数为正，即新站气温大于旧站，且正差值分布范围较广，部分甚至在5 ℃以上；负差值分布较窄，多数在-2 ℃以内。其中，气温正差值占到63.3%，负差值只占36.7%。总体来说，虽然吐鲁番站迁站只有4 km（海拔高差只有1.5 m），由于新旧站环境差异大而造成气温差值分布较为分散，只有40.7%的差值在



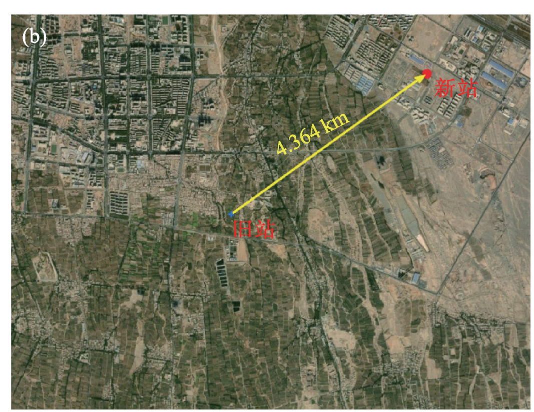


图1 吐鲁番气象站旧站观测场及新旧站位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the old observation site of Turpan meteorological station and the location of the new and old stations

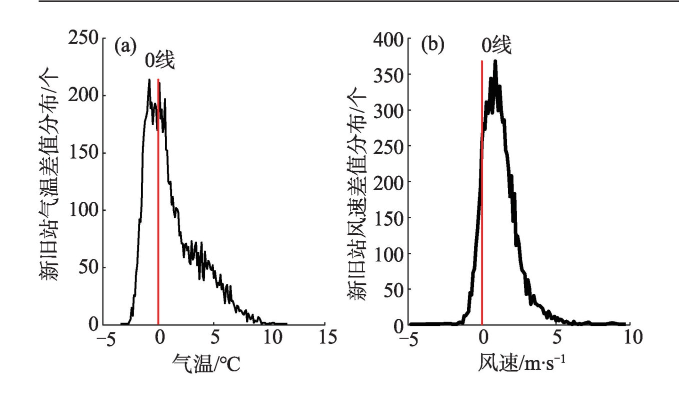


图2 吐鲁番新旧气象站气温、风速差值分布

Fig. 2 Difference distribution of air temperature and wind speed between the old and new meteorological stations in Turpan

−1 ℃<△*T*<1 ℃之间，67.9%的差值在±2 ℃之间，32.1%的差值在±2 ℃之外；其中，只有1.5%的气温差值△*T*≤−2 ℃，30.6%的气温差值△*T*≥2 ℃。

2.1.2 月分布比例 表2是各级气温差值月分布比例，由表可见，气温正差值较大值（△*T*≥2 ℃）主要发生在暖季4—11月。其中，△*T*≥4 ℃的部分集中在5—10月。这是因为当暖季阳光直射位于戈壁滩的新站时，气温会升的很高；而位于绿树成荫、楼房阻挡的旧站升温较慢，使暖季新旧站气温差值多数为正且差值较大。1~2 ℃之间的气温差值在一年四季较为均匀。−1 ℃<△*T*<1 ℃之间的气温差值主要发生在冷季（12月—次年4月）。−2 ℃<△*T*≤−1 ℃的部分除了夏季外，其余季节略多。负值多发生在冷季的原因是这个季节在供暖，集中供暖导致城市中气温高于郊区。△*T*≤−2 ℃的气温差值主要在春秋季较多，不过由表1可见，△*T*≤−2 ℃的气温差值占总体比例很少，只有1.5%。

综上所述，总体上暖季气温正差值（新站比旧站高）的比例较大，而冷季气温差值较小或负差值（旧站比新站略高）的比例较多。在使用资料时，尤其是对接新旧站资料时需要注意。

2.1.3 日分布比例 表3是各级气温差值日分布比例，由表可见，气温差值△*T*≥0 ℃以上，主要出现在17:00之后，尤其是△*T*≥1 ℃以上多出现在19:00之后到次日10:00之前。这是因为吐鲁番旧站楼群距离观测场最近处只有30多米，遮挡了气温观测（图1a）。10:00前当新站处于阳光照射下，气温升起时，旧站由于楼房遮挡气温上升很慢；19:00后，旧站阳光又被遮挡，气温开始下降较快，而新站在阳光照射下气温依然维持较高，使新站气温比旧站高。气温差值△*T*<0 ℃以下，多发生在白天11:00—19:00之间。因为11:00后，当旧站观测场有阳光照射时，气温开始快速上升，加上城市化作用，旧站比新站气温略高。

2.1.4 逐时差值平均值分布 为了进一步认清新旧站气温差值数额的大小和规律，绘制了各月逐时平均气温差值分布图（图3）。由图可见，平均气温差值在11:00前和18:00后新站比旧站大，11:00—

表1 吐鲁番新旧气象站气温差值(△*T*)各级分布

Tab. 1 Distribution of air temperature difference between the new and old meteorological stations in Turpan

气温差值/℃	△*T*≤−2	−2<△*T*≤−1	−1<△*T*<0	0≤△*T*<1	1≤△*T*<2	2≤△*T*<3	3≤△*T*<4	4≤△*T*<5	5≤△*T*<7	△*T*≥7
比例/%	1.53	15.02	20.20	20.46	12.21	7.82	7.26	5.96	7.17	2.37

表2 吐鲁番站各级气温差值月分布比例

Tab. 2 Monthly distribution ratio of air temperature difference at all levels in Turpan station

气温差值/℃	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
△*T*≤−2	0.02	0.05	0.04	0.11	0.18	0.10	0.04	0.08	0.05	0.18	0.12	0.04
−2<△*T*≤−1	0.09	0.08	0.10	0.12	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07
−1<△*T*<0	0.22	0.13	0.14	0.08	0.07	0.05	0.05	0.06	0.06	0.03	0.03	0.09
0≤△*T*<1	0.13	0.13	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05	0.14
1≤△*T*<2	0.02	0.08	0.11	0.08	0.07	0.10	0.09	0.10	0.08	0.06	0.14	0.06
2≤△*T*<3	0.00	0.03	0.04	0.12	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.12	0.17	0.01
3≤△*T*<4	0.00	0.00	0.00	0.08	0.11	0.12	0.15	0.10	0.11	0.17	0.16	0.00
4≤△*T*<5	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.13	0.11	0.12	0.19	0.26	0.07	0.00
5≤△*T*<7	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.15	0.16	0.18	0.17	0.19	0.01	0.00
△*T*≥7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.20	0.27	0.17	0.19	0.02	0.00	0.00

表3 吐鲁番站各级气温差值日分布比例

Tab. 3 Daily distribution proportion of air temperature difference at all levels in Turpan station

气温差值/℃	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
$\triangle T \leqslant -2$	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.24	0.18	0.16	0.12	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$-2 < \triangle T \leqslant -1$	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.09	0.14	0.17	0.15	0.17	0.11	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$-1 < \triangle T < 0$	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.09	0.07	0.05	0.07	0.06	0.09	0.06	0.06	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
$0 \leqslant \triangle T < 1$	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
$1 \leqslant \triangle T < 2$	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05
$2 \leqslant \triangle T < 3$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.04
$3 \leqslant \triangle T < 4$	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.08
$4 \leqslant \triangle T < 5$	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06	0.08	0.06	0.07	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08
$5 \leqslant \triangle T < 7$	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.04	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07
$\triangle T \geqslant 7$	0.05	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.17	0.27	0.20	0.10	0.05

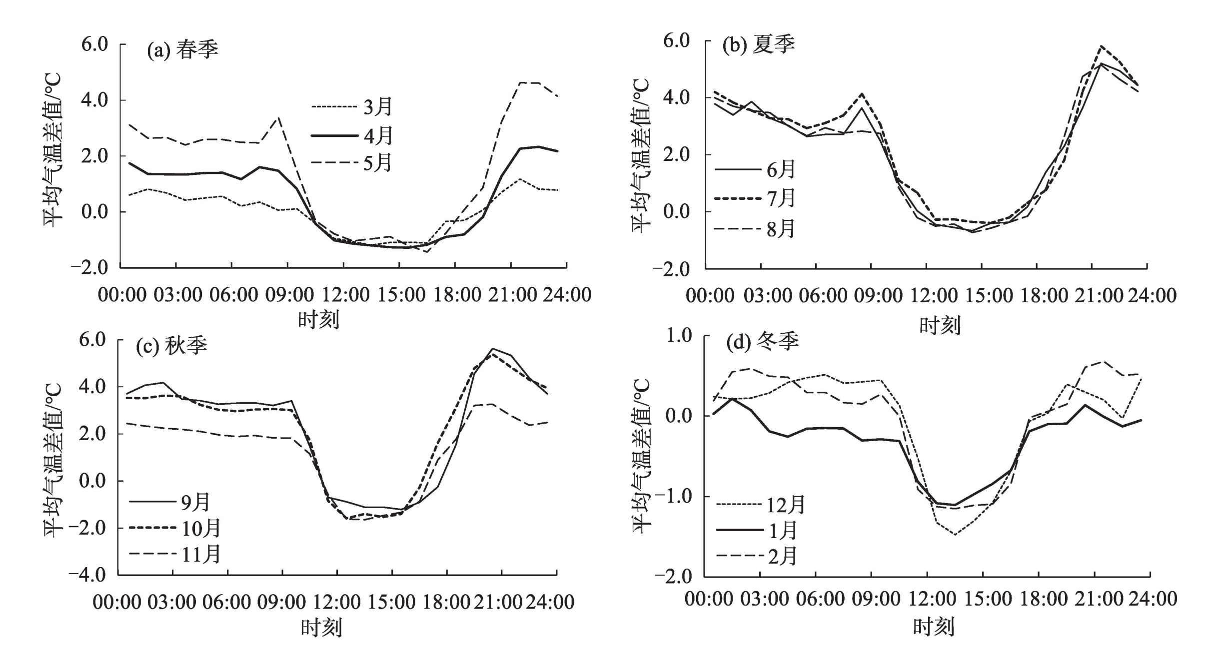


图3 各月平均气温差值的日分布比较

Fig. 3 Comparison of daily distribution of monthly average air temperature difference

18:00,新旧站平均气温差值为负值(旧站气温比新站大)。季节不同差值情况也不同。11:00—18:00,夏季差值较小,平均差值在-1.0 ℃之内;春秋冬季气温差值略大,平均差值最低在-1.5 ℃左右。18:00—次日11:00,冬季12月和2月新站气温略高于旧站,1月旧站气温略高于新站,平均差值绝对值不大,基本在1 ℃以内;春夏秋季尤其是5—10月新站比旧站气温高且差值大,平均差值最高可达到5 ℃左右。综上所述,18:00—次日11:00新站平均气温比旧站大,较大差值出现在5—10月,以7月最大;11:00—18:00旧站平均气温比新站大,较大差值出现在冷季10—次年5月,以11月最大。

2.2 风速差值

2.2.1 量级分布 吐鲁番新旧站逐小时风速差值分布见图2b和表4。风速差值也同样为偏态分布,绝大多数为正值,且正差值分布范围较广,最大可以达到3 $m\cdot s^{-1}$以上,负差值分布较窄,多数在-1 $m\cdot s^{-1}$以内。风速正差值比例占到89.2%,负差值仅占10.8%。吐鲁番新旧站风速差值相对集中,差值在$-1\ m\cdot s^{-1} < \triangle S < 1\ m\cdot s^{-1}$之间的占46%,风速差值在±2 $m\cdot s^{-1}$之间的占78.6%,差值在±2 $m\cdot s^{-1}$以外的占21.4%。

2.2.2 月分布比例 表5是各级风速差值月分布比例,由表可见,吐鲁番站风速正差值中,$\triangle S \geqslant 1\ m\cdot s^{-1}$

表4 吐鲁番新旧气象站风速差值各级分布

Tab. 4 Distribution of wind speed difference between new and old meteorological stations in Turpan

风速差值/m·s⁻¹	△S≤−1	−1<△S<0	0≤△S<1	1≤△S<2	2≤△S<3	3≤△S<5	△S≥5
比例/%	0.7	10.1	35.9	31.9	14.1	6.3	1.0

表5 吐鲁番站各级风速差值月分布比例

Tab. 5 Monthly distribution ratio of wind speed difference at all levels in Turpan station

风速差值/m·s⁻¹	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
△S≤−1	0.16	0.06	0.13	0.11	0.14	0.02	0.10	0.05	0.08	0.02	0.08	0.06
−1<△S<0	0.20	0.09	0.08	0.05	0.07	0.05	0.04	0.07	0.04	0.08	0.10	0.12
0≤△S<1	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.10
1≤△S<2	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07	0.04
2≤△S<3	0.03	0.06	0.11	0.10	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.06	0.04	0.02
3≤△S<5	0.00	0.02	0.10	0.11	0.16	0.15	0.15	0.15	0.09	0.05	0.01	0.00
△S≥5	0.00	0.02	0.02	0.11	0.13	0.29	0.12	0.11	0.17	0.02	0.00	0.00

的部分多出现在暖季3—9月。由于新站地处光秃的戈壁，周围树木和草较少，而位于城区中的旧站受树木发芽树枝长大的阻挡，新站风速大于旧站，且部分差值较大。风速差值较小值，即−1 m·s⁻¹<△S<1 m·s⁻¹的部分在冷季（10—12月和1—3月）较多。因为，冷季树木凋零对风的阻挡消失了，新旧站风速差值就小了。△S≤−1 m·s⁻¹的部分上半年较多，但占总体样本的比例极少，由表4可见，只有0.7%。

2.2.3 日分布比例 表6是各级风速差值日分布比例，由表可见，风速差值△S≥2 m·s⁻¹的部分多集中在00:00—次日10:00；1 m·s⁻¹≤△S<2 m·s⁻¹的部分1 d中分布较为均匀，相对来说，20:00—次日06:00前略多。0 m·s⁻¹≤△S<1 m·s⁻¹的部分，1 d中分布比较均匀，相对来说，08:00—22:00前略多。风速差值为负的部分11:00—18:00较多。不过，负差值占比例较小，占10.8%。

2.2.4 逐时差值平均值分布 为了进一步认清新旧站风速差值数额大小及变化规律，绘制了各月逐时平均风速差值分布图，由图4可见，冬季逐时风速差值平均值最小，基本在1.5 m·s⁻¹之内；春、秋次之，在2.3 m·s⁻¹之内；夏季最大，在2.5 m·s⁻¹之内。差值平均值均为正值，说明新站平均风速总体上大于旧站。但是，差值日变化比较明显。基本上11:00—12:00之前差值较大，凌晨04:00—06:00达到最大，之后平均风速差值开始减小，15:00—16:00达到最小，之后开始增加，秋、冬季在22:00—23:00达到较大值，春、夏季在20:00达到较大值。

2.3 各月长序列资料连续性检验

为了解新旧站资料的连续性，以2016年1月1日吐鲁番新站正式工作为界，选择1988—2015年旧站月平均气温和风速资料，与2016—2018年新站月平均气温和风速资料进行t检验，结果见表7。由表可见，2016年3—11月月平均气温存在断点，通过了0.01的显著性检验。冬季12月和1—2月气温在显著性0.01条件下不存在断点、可以连续使用。2016年全年12个月月平均风速在显著性0.01条件下均存在断点，不能连续使用。

表6 吐鲁番站各级风速差值日分布比例

Tab. 6 Daily distribution proportion of wind speed difference at all levels in Turpan station

风速差值/m·s⁻¹	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
△S<0	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	0.07	0.10	0.08	0.09	0.07	0.05	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03
0≤△S<1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
1≤△S<2	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04
2≤△S<3	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06
3≤△S<5	0.06	0.07	0.08	0.10	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05
△S≥5	0.04	0.02	0.07	0.07	0.04	0.04	0.08	0.04	0.05	0.07	0.04	0.00	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	0.06	0.07	0.04	0.06	0.04

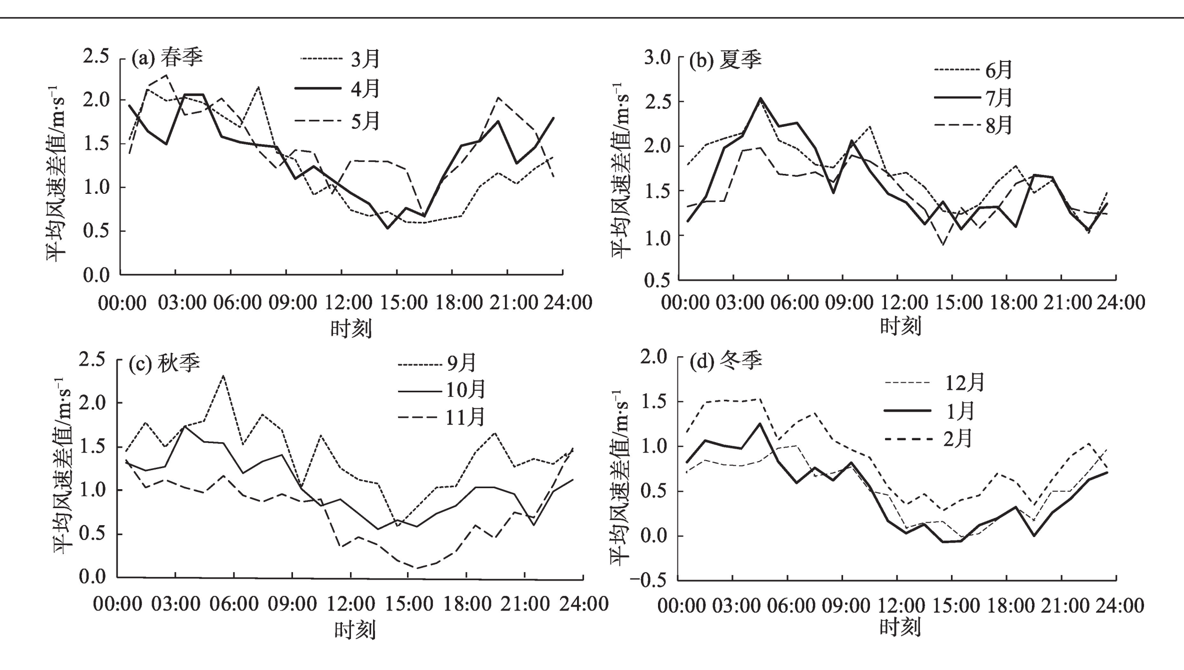


图4 各月平均风速差值的日分布比较

Fig. 4 Comparison of daily distribution of monthly average wind speed difference

表7 吐鲁番站月平均气温、风速 *t* 检验

Tab. 7 *t*-test of monthly mean air temperature and wind speed of Turpan station

要素	指标	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
气温	*t* 值	−2.29	−2.45	−9.31	−7.40	−5.87	−16.20	−20.01	−12.79	−16.60	−6.11	−3.17	−1.20
	保证率	0.030	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.241
风速	*t* 值	−16.19	−18.11	−25.96	−32.99	−33.24	−30.21	−32.47	−34.03	−34.83	−28.07	−20.96	−14.65
	保证率	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨 论

由以上分析可知，白天11:00—18:00之间，由于城市人口集中，吐鲁番城内（旧站）气温略高于城外，这与文献[17]和文献[19]的结论一致。不同的是，根据文献[17]和文献[19]研究结果，夜晚城市气温也比郊外大；而地处干旱区的吐鲁番正好相反，18:00—次日11:00之间新站（郊外）气温大于旧站（城中）。产生这种结果的原因除了下垫面环境差异等因素外，旧站观测场周围建筑物对阳光的遮挡也是重要因素。

为了进一步了解吐鲁番站观测环境改变对资料影响的特殊性，选择阿克苏站（同处干旱区、也是地州首府驻地并且已经迁过站）与之比较。选取阿克苏站2017年新旧站气温对比观测资料。为方便与前文结果比较，选择11:00—18:00资料代表白天，19:00—次日10:00代表夜晚，同时选择1、4、7、10月代表春、夏、秋、冬四季，分别计算阿克苏站和吐鲁番站四季白天和夜晚新旧站气温差值平均值（表8），由表可见，吐鲁番站除了夏季白天旧站和新站气温差距不大外，秋、冬、春三季（1、4、10月）和阿克苏站春、夏、秋、冬四季均是白天旧站气温比新站大，这与文献[17]和文献[19]研究结果一致。夜晚情况则不同，吐鲁番站春、夏、秋三季夜晚新站气温比旧站大，而阿克苏夜晚除了春季持平外，夏、秋、冬三季夜晚旧站气温比新站大。因此，与吐鲁番情况不同，阿克苏站夜间旧站气温比新站大的结果与文献[17]和文献[19]研究结果一致。从新旧站环境因素来说，阿克苏站2016年从城中迁到与其直线距离13.265 km的工业园区，下垫面有植被，新旧站下垫面条件相差不大，气温资料的差异主要是城市化的影响。而吐鲁番由于新旧站环境差异大，造成了春、夏、秋三季夜晚城郊平均气温比城内大的结果。由此可见，吐鲁番新旧站气温差异的特殊性并非只是因为地处干旱区，下垫面及其观测环境对气

表8 吐鲁番站与阿克苏站代表月白天和夜晚平均气温差值比较

Tab. 8 Comparison of average air temperature difference between Turpan station and Aksu station in daytime and night of representative month

/℃

站点	时刻	1月	4月	7月	10月
吐鲁番	夜晚(19:00—次日10:00)	-0.10	1.32	3.59	3.60
	白天(11:00—18:00)	-0.72	-1.09	0.03	-0.28
阿克苏	夜晚(19:00—次日10:00)	-1.12	0.02	-0.69	-1.08
	白天(11:00—18:00)	-0.49	-0.17	-0.58	-0.44

温的影响是导致这种结果的根本原因。

4 结 论

本文通过对吐鲁番新旧站逐小时气温、风速差值的分布特征及其连续性分析研究，得出如下结论：

（1）吐鲁番新旧站气温差值为偏态分布且多数为正值，由于新旧站观测环境差异大造成气温差值分散，只有40.7%的差值在-1 ℃<△*T*<1 ℃之间，±2 ℃之间的差值占67.9%；差值在±2 ℃之外的占到了32.1%。气温负差值多发生在白天11:00—18:00，冷季10月—次年5月负差值较大，负差值逐时平均最低可达-1.5 ℃左右。气温正差值多发生在18:00—次日11:00之间，尤其是较大值（△*T*≥2 ℃）主要发生在暖季4—11月，逐时平均气温差值最高可达5 ℃。正是因为暖季夜晚新旧站气温差值较大，造成了吐鲁番站2016年迁站（0.01的显著性检验）春、夏、秋3—11月月平均气温发生了断点。

（2）风速差值亦为偏态分布，绝大多数为正值，占到89.2%。风速差值相对比较集中，78.6%的风速差值在±2 $m\cdot s^{-1}$之间，差值在-1 $m\cdot s^{-1}$<△*S*<1 $m\cdot s^{-1}$之间的占46%。风速正差值△*S*≥1 $m\cdot s^{-1}$的部分多发生在暖季中3—9月。差值较小值即-1 $m\cdot s^{-1}$<△*S*<1 $m\cdot s^{-1}$之间的部分在冷季（10—12月和1—3月）较多。逐时平均风速差值冬季基本在1.5 $m\cdot s^{-1}$之内；春秋在2.3 $m\cdot s^{-1}$之内；夏季在2.5 $m\cdot s^{-1}$之内。*t*检验结果，风速2016年全年12个月在显著性0.01条件下均存在断点，不能连续使用。

（3）与其他受城市化影响的站点不同，吐鲁番站夜间新站气温大于旧站。这种差值分布特点并非只是因为地处干旱区，下垫面及其观测环境对气温的影响是导致这种结果的根本原因。因此，保护观测环境十分重要。

参考文献（References）

[1] 李正泉, 张青, 马浩, 等. 浙江省年平均气温百年序列的构建[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(4): 17-24. [Li Zhengquan, Zhang Qing, Ma Hao, et al. Construction of the 100-year series of annual mean air temperature over Zhejiang Province[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2014, 37(4): 17-24.]

[2] 余君, 李庆祥, 张同文, 等. 基于贝叶斯模型的器测、古气候重建与气候模拟数据的融合试验[J]. 气象学报, 2018, 76(2): 304-314. [Yu Jun, Li Qingxiang, Zhang Tongwen, et al. The merging test using measurements, paleoclimate reconstruction and climate model data based on Bayesian model[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2018, 76(2): 304-314.]

[3] 王秋香, 李庆祥, 周昊楠, 等. 中国降水序列均一性研究及对比分析[J]. 气象, 2012, 38(11): 1420-1428. [Wang Qiuxiang, Li Qingxiang, Zhou Haonan, et al. Homogeneity study and comparison analysis on precipitation series over China[J]. Meteorological Monthly, 2012, 38(11): 1420-1428.]

[4] 周建平, 孙照渤, 倪东鸿, 等. 中国气象台站迁移对年平均气温均一性的影响[J]. 大气科学学报, 2013, 36(2): 139-146. [Zhou Jianping, Sun Zhaobo, Ni Donghong, et al. Impact of meteorological station relocation on homogeneity of annual mean temperature in China[J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2013, 36(2): 139-146.]

[5] 王秋香, 周昊楠, 陈晓燕. 单站资料均一性对本地气候资料趋势结果的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(4): 1-5. [Wang Qiuxiang, Zhou Haonan, Chen Xiaoyan. The influence of homogeneity of single-station data on trends in local climate data[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2010, 4(4): 1-5.]

[6] 魏娜, 孙娴, 姜创业, 等. 台站迁移对陕西省气温资料均一性的影响及其偏差订正[J]. 气象, 2012, 38(12): 1532-1537. [Wei Na, Sun Xian, Jiang Chuangye, et al. Station relocation influence on homogeneity of temperature series over Shaanxi Province and deviation correction[J]. Meteorological Monthly, 2012, 38(12): 1532-1537.]

[7] 李祥余, 黄少鹏, 叶红, 等. 厦门站气温非均一性订正及其变化特征对比分析[J]. 地理科学, 2010, 30(5): 796-801. [Li Xiangyu, Huang Shaopeng, Ye Hong, et al. Comparison characteristics and inhomogeneity adjustments of mean, maximum and minimum surface air temperature for Xiamen meteorological station[J]. Scientia

Geographica Sinica, 2010, 30(5): 796-801.]

[8] 司鹏, 罗传军, 姜罕盛, 等. 天津地面相对湿度资料的非均一性检验及订正[J]. 气象, 2018, 44(10): 1332-1341. [Si Peng, Luo Chuanjun, Jiang Hansheng, et al. Inhomogeneity validation and correction of monthly surface relative humidity in Tianjin[J]. Meteorological Monthly, 2018, 44(10): 1332-1341.]

[9] 孙灏, 马立茹, 蔡创创, 等. 干旱区地表温度和热岛效应演变研究——以宁夏沿黄城市带为例[J]. 干旱区地理, 2020, 43(3): 694-705. [Sun Hao, Ma Liru, Cai Chuangchuang, et al. Evolution of surface temperature and heat island effect in arid areas: A case of city belt along the Yellow River in Ningxia[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(3): 694-705.]

[10] 何萍, 李矜霄, 矣永正, 等. 城市化对云南高原楚雄市近年来城市热岛效应影响研究[J]. 干旱区地理, 2016, 39(4): 687-694. [He Ping, Li Jinxiao, Yi Yongzheng, et al. Influence research of urbanization on urban heat island effect in Chuxiong City on Yunnan Plateau in recent years[J]. Arid Land Geography, 2016, 39(4): 687-694.]

[11] 李慧, 周维博, 马聪, 等. 城市化对西安市降水及河流水文过程的影响[J]. 干旱区地理, 2017, 40(2): 322-331. [Li Hui, Zhou Weibo, Ma Cong, et al. Effects of urbanization on regional precipitation and river hydrological process in Xi'an City[J]. Arid Land Geography, 2017, 40(2): 322-331.]

[12] 张健, 章新平, 王晓云, 等. 北京地区气温多尺度分析和热岛效应[J]. 干旱区地理, 2010, 33(1): 51-58. [Zhang Jian, Zhang Xinping, Wang Xiaoyun, et al. Time scale analysis of temperature and its urban heat island effect in Beijing[J]. Arid Land Geography, 2010, 33(1): 51-58.]

[13] 周军芳, 范绍佳, 李浩文, 等. 珠江三角洲快速城市化对环境气象要素的影响[J]. 中国环境科学, 2012, 32(7): 1153-1158. [Zhou Junfang, Fan Shaojia, Li Haowen, et al. Impact of urbanization on meteorological factors in Pearl River Delta[J]. China Environmental Science, 2012, 32(7): 1153-1158.]

[14] 温康民, 任国玉, 李娇, 等. 国家基本/基准站地面气温资料城市化偏差订正[J]. 地理科学进展, 2019, 38(4): 600-611. [Wen Kangmin, Ren Guoyu, Li Jiao, et al. Adjustment of urbanization bias in surface air temperature over the mainland of China[J]. Progress in Geography, 2019, 38(4): 600-611.]

[15] 陆百翔, 唐凯, 叶化军. 潮州市新旧观测站气象要素变化对比分析[J]. 贵州气象, 2016, 40(1): 64-69. [Lu Baixiang, Tang Kai, Ye Huajun. Comparative analysis on the changes of meteorological elements of the old and new observation stations in Chaozhou City [J]. Journal of Guizhou Meteorology, 2016, 40(1): 64-69.]

[16] 王秋香, 古丽格娜, 刘叶, 等. 阿克苏长序列气候资料分析及其均一性研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(1): 7-14. [Wang Qiuxiang, Guligena, Liu Ye, et al. Analysis of long-term climatic data and its homogeneity in Aksu[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2018, 12(1): 7-14.]

[17] 林娜, 陈瑾, 庄涣斌, 等. 揭阳新旧站气象观测资料对比分析[J]. 广东气象, 2013, 35(1): 71-76. [Lin Na, Chen Jin, Zhuang Huanbin, et al. Comparative analysis of meteorological observation data of the old and new observation stations in Jieyang[J]. Guangdong Meteorology, 2013, 35(1): 71-76.]

[18] 王秋香, 刘卫平, 刘叶, 等. 吐鲁番气象站迁移前后资料的差异分析[J]. 干旱区地理, 2016, 39(1): 22-32. [Wang Qiuxiang, Liu Weiping, Liu Ye, et al. Discrepancy analysis of meteorological data before and after station migration in extreme drought region: A case of Turpan Station in eastern Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2016, 39(1): 22-32.]

[19] 李又君, 梁国坚, 杨士恩, 等. 气象站迁站前后气温同期观测资料对比[J]. 气象科技, 2010, 38(5): 599-604. [Li Youjun, Liang Guojian, Yang Shi'en, et al. Comparative analysis of synchronously observed temperature measurements before and after station move[J]. Meteorological Science and Technology, 2010, 38(5): 599-604.]

[20] 赵晓莉, 苑跃, 陈中钰, 等. 四川部分台站迁移新旧站址观测资料对比评估[J]. 高原山地气象研究, 2014, 34(2): 72-76. [Zhao Xiaoli, Yuan Yue, Chen Zhongyu, et al. Comparative evaluation of the old and new station observational data of Sichuan[J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2014, 34(2): 72-76.]

[21] 郑玉萍, 李景林, 赵书琴, 等. 乌鲁木齐近48 a城市化进程对降水的影响[J]. 干旱区地理, 2011, 34(3): 442-448. [Zheng Yuping, Li Jinglin, Zhao Shuqin, et al. Urbanization impact on precipitation of Urumqi City in recent 48 a[J]. Arid Land Geography, 2011, 34(3): 442-448.]

[22] 高晓容, 李庆祥, 董文杰. 五台山站历史气候资料的均一性分析[J]. 气象科技, 2008, 36(1): 112-118. [Gao Xiaorong, Li Qingxiang, Dong Wenjie. Homogeneity analysis of historical meteorological data at Wutaishan[J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(1): 112-118.]

Refined analysis of air temperature and wind speed difference before and after migration of Turpan station

HU Yicheng[1,2], NING Jin'ge[1], LIU Weiping[1], WANG Qiuxiang[1], LIU Ye[3], ZHONG Haiying[4]

(1. Xinjiang Meteorological Information Center, Urumqi 830002, Xinjiang, China; 2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, Xinjiang, China; 3. Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002, Xinjiang, China; 4. Turpan Meteorological Bureau, Turpan 838007, Xinjiang, China)

Abstract: To study the impact of the station's relocation on the quality of the data obtained from the arid area, data from different periods and seasons from the old and new stations at Turpan meteorological station were selected. The Turpan meteorological station is located in the northwest arid area of China and was subjected to large environmental changes before and after the station's relocation. In past research, the difference in the obtained values between the old and new stations was smoothed out and presented as an average value of the annual, seasonal, and monthly differences, but this prevented any diurnal variations from being accurately demonstrated. In this paper, we used the hourly air temperature and wind speed data from 2017 to make comparative observations between the old and new Turpan stations to calculate and classify the hourly data difference. Additionally, the monthly average air temperature and wind speed data from 1988 to 2018 were selected for the *t*-test and continuity check. (1) Because of the large environmental differences between the old and new stations, the differences in the air temperature and wind speed have a positive and scattered skewed distribution. Only 40.7% of the difference in air temperature was within ±1 °C, and 32.1% exceeded ±2 °C; 46% of the difference in wind speed was within ±1 $m \cdot s^{-1}$, and 21.4% exceeded ±2 $m \cdot s^{-1}$. (2) The negative air temperature differences occurred mainly between 11:00 and 18:00 (i.e., during the daytime) and were slightly greater in the cold season (from October to May), with the lowest average negative difference being −1.5 °C. The greater positive air temperature differences between the new and old stations $\triangle T \geqslant 2$ °C occurred mainly between 18:00 and 11:00 during the warm season (from April to November). The maximum average difference value reached 5 °C. Because of the large difference in the air temperature between the old and the new stations at night during the warm season, the monthly average air temperature in Turpan from March to November had a breaking point in 2016; this passes the 99% significance test. (3) Compared with the Aksu station in the same arid area, this demonstrates the influence of the underlying surface and observation environment on the air temperature. The positive difference of the wind speed $\triangle S \geqslant 1$ $m \cdot s^{-1}$ occurred mainly between March and September (in the warm season), whereas -1 $m \cdot s^{-1} < \triangle S < 1$ $m \cdot s^{-1}$ occurred mainly in the cold season (November-December and January-March). With the 99% significance test, breakpoints in the monthly wind speed for the whole year were observed.

Key words: air temperature; wind speed; the difference value; comparative analysis; Turpan